

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 1 324 645 A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
02.07.2003 Bulletin 2003/27

(51) Int Cl.7: H05H 3/04

(21) Numéro de dépôt: 02293061.4

(22) Date de dépôt: 11.12.2002

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO

(72) Inventeurs:
• Getin, Stéphane
38100 Grenoble (FR)
• Chaton, Patrick
38570 Theys (FR)

(30) Priorité: 13.12.2001 FR 0116117

(74) Mandataire: Poulin, Gérard et al
Société BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

(71) Demandeur: COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE
75752 Paris Cédex 15 (FR)

(54) Dispositif optique et procédé optique pour le déplacement de particules

(57) L'invention concerne un dispositif optique et un procédé optique pour le déplacement de particules (P).

Le dispositif comprend un substrat (6) sur lequel est déposée au moins une bande (5) d'au moins une couche mince, la bande (5) présentant un gradient d'épais-

seur optique selon un axe de sorte que le déplacement d'une particule (P) s'effectue selon cet axe lorsqu'une lumière laser (L) éclaire le dispositif.

L'invention s'applique au tri et/ou à l'analyse de particules.

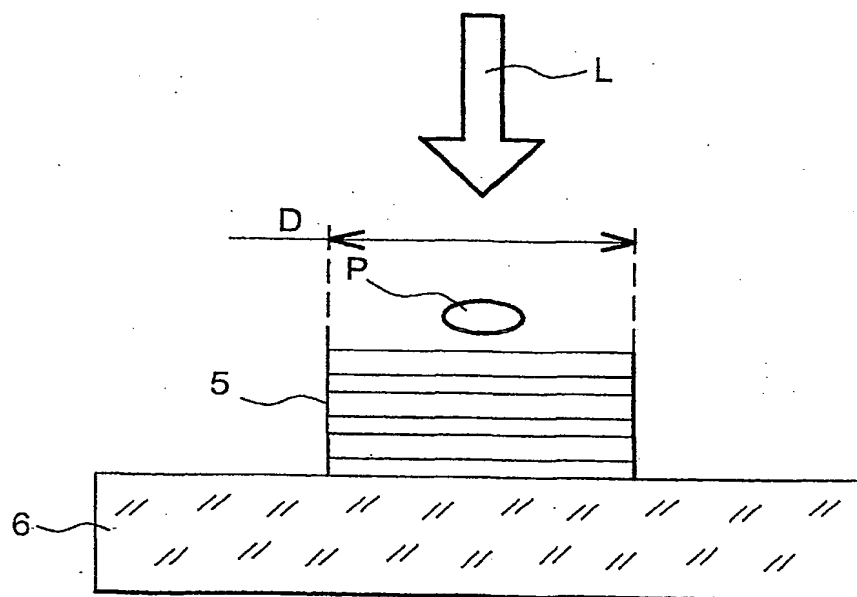


FIG. 3A

EP 1 324 645 A1

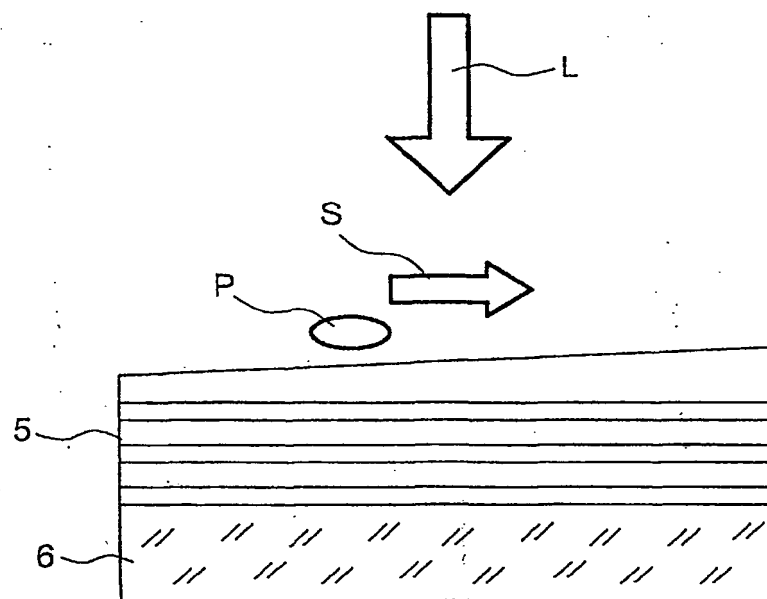


FIG.3B

Description

Exposé de l'invention

Domaine technique et art antérieur

[0001] L'invention concerne un dispositif optique pour le déplacement de particules ainsi qu'un dispositif d'aiguillage, un dispositif de tri et un dispositif d'analyse de particules comprenant un dispositif optique pour le déplacement de particules selon l'invention.

[0002] L'invention concerne également un procédé optique pour le déplacement de particules ainsi qu'un procédé d'aiguillage, un procédé de tri et un procédé d'analyse de particules comprenant un procédé optique pour le déplacement de particules selon l'invention.

[0003] L'invention s'applique au tri et/ou à l'analyse de petites particules. Les particules peuvent être, par exemple, des cellules, des macromolécules ou des microbilles. Parmi les domaines d'application figurent, entre autres, l'analyse chimique ou biomédicale, ou encore le contrôle de qualité (calibration de microparticules).

[0004] Différents moyens sont connus pour le déplacement de petites particules. Un premier moyen est décrit dans le document intitulé « *Observation of Radiation-Pressure Trapping of particles by Alternating Light Beams* » (A. Ashkin and J.M. Dziedzic ; Physical Review Letters, vol.54, N°12, 25 March 1985). Ce premier moyen, communément appelé « pince optique », est représenté en figure 1. Une particule P placée sur un support 1 est confinée dans le col, communément appelé "waist", d'un faisceau laser continu 2. Le confinement est rendu possible par équilibrage des pressions de radiation à la surface du support 1. Une fois le confinement réalisé, la particule est déplacée par déplacement du faisceau. Ce dispositif présente principalement un inconvénient. D'une part, le déplacement des particules repose sur l'emploi d'un système mécanique dédié qui peut s'avérer délicat et coûteux à mettre en oeuvre.

[0005] Un deuxième moyen de déplacement de particules selon l'art connu est décrit dans le document intitulé « *Movement of micrometer-sized particles in the evanescent field of a laser beam* » (Satoshi Kawata and Tadao Sugiura ; Optics Letters/Vol.17, N°11, June 1, 1992). La figure 2 illustre ce deuxième moyen. Un faisceau de lumière 4 est injecté dans un guide à ruban 3. La particule P se trouve alors confinée en surface du guide par le jeu des pressions de radiation qui sont exercées sur elle. C'est une onde évanescente présente aux interfaces du guide qui permet le déplacement de la particule le long de l'axe du ruban. Ce dispositif n'est pas adapté à l'aiguillage de particules car il n'est pas facile de réaliser des fonctions de multiplexage/démultiplexage dans le domaine des guides d'onde. Ces fonctions sont en effet réalisées à l'aide d'obturateurs ou de switches optomécaniques de fabrication délicate.

[0006] L'invention ne présente pas ces inconvénients.

[0007] En effet, l'invention concerne un dispositif optique pour le déplacement de particules. Le dispositif comprend un substrat sur lequel est déposée au moins une bande d'au moins une couche mince, la bande présentant un gradient d'épaisseur optique selon un axe de sorte que le déplacement d'une particule s'effectue selon cet axe lorsqu'une onde électromagnétique éclaire le dispositif. On appelle épaisseur optique, le chemin parcouru par la lumière. L'épaisseur optique est égale au produit $n \times e$ où n est l'indice optique du matériau et e l'épaisseur matérielle du matériau.

[0008] L'invention concerne également un dispositif d'aiguillage de particules, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un dispositif optique pour le déplacement de particules selon l'invention.

[0009] L'invention concerne encore un dispositif de tri de particules, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un dispositif d'aiguillage de particules selon l'invention.

[0010] L'invention concerne encore un dispositif d'analyse de particules, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un dispositif de tri de particules selon l'invention.

[0011] L'invention concerne encore un procédé optique de déplacement de particules selon un axe. Le procédé comprend la formation d'un gradient d'intensité d'onde stationnaire au niveau d'une particule à déplacer, par illumination, à l'aide d'une onde électromagnétique, d'un substrat sur lequel est déposée au moins une bande d'au moins une couche mince présentant un gradient d'épaisseur optique selon l'axe.

[0012] L'invention concerne encore un procédé d'aiguillage de particules d'une première voie vers une deuxième voie, caractérisé en ce que le déplacement d'une particule sur une voie est effectué selon le procédé de déplacement de l'invention et en ce que l'aiguillage de la particule est réalisé par modification de la longueur d'onde de l'onde qui illumine le substrat d'une première valeur vers une deuxième valeur, la première valeur étant une valeur sur laquelle est centrée la première voie qui est constituée d'une première bande déposée sur le substrat et la deuxième valeur étant une valeur sur laquelle est centrée la deuxième voie qui est constituée d'une deuxième bande déposée sur le substrat.

[0013] L'invention concerne encore un procédé de tri de particules, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre un procédé d'aiguillage selon l'invention.

[0014] L'invention concerne encore un procédé d'analyse de particules, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre un procédé de tri selon l'invention.

[0015] La taille des particules pouvant être déplacées peut aller de quelques dizaines de nanomètres à quelques dizaines de microns. Les distances sur lesquelles les particules peuvent être déplacées peuvent varier de quelques microns à quelques centimètres.

Brève description des figures

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention décrit à l'aide des figures jointes parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un moyen de déplacement de particule de type « pince optique » selon l'art antérieur ;
- la figure 2 représente un moyen de déplacement de particule par onde évanescente selon l'art antérieur ;
- les figure 3A et 3B représentent un dispositif optique pour le déplacement de particules selon l'invention ;
- la figure 4 représente un perfectionnement du dispositif optique de déplacement de particules selon l'invention ;
- les figures 5A-5B représentent des courbes illustrant la corrélation entre la variation du champ électrique en surface du dispositif optique selon l'invention et la vitesse de déplacement des particules ;
- la figure 6 représente un exemple de dispositif d'aiguillage optique de particules selon l'invention ;
- la figure 7 représente un exemple de dispositif d'analyse de particules selon l'invention.

[0017] Sur toutes les figures les mêmes références désignent les mêmes éléments.

Description détaillée de modes de mise en oeuvre de l'invention

[0018] Les figures 3A et 3B représentent, respectivement, une vue en coupe transversale et une vue en coupe longitudinale d'un dispositif optique pour le déplacement de particules selon l'invention.

[0019] Le dispositif comprend un substrat 6 et une bande 5 formée par au moins une couche mince déposée sur le substrat 6. La bande 5 a une largeur D et son épaisseur e varie le long de l'axe perpendiculaire à sa largeur. La variation de l'épaisseur peut être continue, comme représenté sur la figure 3B. Elle peut également être obtenue par sauts. Le substrat 6 peut être, par exemple, un substrat de verre ou de silicium. Les couches qui constituent la bande 5 peuvent être composées en alternant un matériau haut indice (Si, HfO_2 , TiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , Ta_2O_5 , SiO_2 , MgF_2 , ITO, In_2O_3 , InP) et un matériau bas indice (SiO_2 , MgF_2 , LiF). Elles peuvent être réalisées par dépôt physique en phase vapeur communément appelé dépôt PVD (PVD pour «Physical Vapor Déposition»), par dépôt chimique en phase vapeur communément appelé dépôt CVD (CVD pour «Chemical Vapor Déposition»), ou par voie sol-gel.

[0020] Une particule P qui doit être déplacée est posée sur la bande 5. Le substrat 6 est éclairé sur sa totalité par une lumière L dont la longueur d'onde peut va-

rier, par exemple, du domaine de l'infrarouge au domaine de l'ultraviolet. Des interférences entre la lumière incidente L et la lumière réfléchiée par le dispositif (substrat + bande) conduisent alors à la formation d'une onde stationnaire en surface du dispositif.

[0021] La bande 5 est réalisée dans un (des) matériau(x) d'indice(s) de réfraction donné(s). La variation d'épaisseur de la bande 5 selon son axe longitudinal produit un gradient d'épaisseur optique selon cet axe. Ce gradient d'épaisseur optique crée un gradient d'intensité de l'onde stationnaire dans laquelle se trouve la particule P. La particule P est alors déplacée sous l'effet de la variation de pression de radiation qui lui est appliquée. La particule P se déplace longitudinalement, selon l'axe de la bande 5, des épaisseurs les plus faibles vers les épaisseurs les plus élevées (sens de déplacement S sur la figure 3B). Le sens du déplacement de la particule (vers la gauche ou vers la droite) est conditionné par la structure de l'empilement (indices et épaisseurs des couches).

[0022] Selon le mode de réalisation de l'invention décrit ci-dessus, le gradient d'épaisseur optique est obtenu par variation d'épaisseur de la bande 5. L'invention concerne également d'autres modes de réalisation. Ainsi, par exemple, l'invention concerne aussi une structure dans laquelle l'épaisseur de la bande 5 est constante. C'est alors la variation d'indice du (des) matériau(x) lui-même (eux-mêmes) qui réalise le gradient d'épaisseur optique. Il est également possible de combiner avantageusement les deux solutions (variation d'indice et variation d'épaisseur) pour obtenir les variations d'épaisseur optique souhaitées.

[0023] La figure 4 représente un perfectionnement du dispositif optique de déplacement de particules selon l'invention.

[0024] Une structure 7 composée d'au moins une couche mince est placée au-dessus de la bande 5 de sorte que la bande 5 et la structure 7 constituent une cavité de Fabry-Pérot. La composition des couches de la structure 7 peut être, par exemple, identique à celles des couches de la bande 5. En choisissant comme distance moyenne entre la bande 5 et la structure 7 une distance égale à un multiple entier de la moitié de la longueur d'onde utilisée, il est possible d'accroître, par résonance, l'intensité de l'onde à l'intérieur de la cavité. Les réflectivités de la bande 5 et de la structure 7 sont alors choisies pour qu'un pic de la résonance soit positionné au niveau de la particule P.

[0025] C'est la valeur de l'intensité lumineuse au niveau de la particule P qui conditionne la vitesse de déplacement de celle-ci. Le dispositif selon l'invention permet avantageusement de contrôler la vitesse de la particule. Les figures 5A et 5B représentent, respectivement, l'intensité du champ électrique E et la vitesse V de la particule en fonction de l'angle d'incidence θ de l'onde qui éclaire le dispositif. Il apparaît que l'intensité du champ électrique et la vitesse de la particule varient de la même manière. Pour une onde d'incidence nulle,

l'intensité du champ et la vitesse de la particule sont maximales et, lorsque l'incidence croît, l'intensité du champ et la vitesse de la particule diminuent.

[0026] Comme cela a été mentionné précédemment, outre un dispositif optique pour le déplacement de particules, l'invention concerne également :

- un dispositif d'aiguillage optique comprenant au moins un dispositif optique pour le déplacement de particules selon l'invention ;
- un dispositif de tri de particules comprenant au moins un dispositif d'aiguillage optique selon l'invention ; et
- un dispositif d'analyse de particules comprenant au moins un dispositif de tri de particules selon l'invention.

[0027] Les figures 6 et 7 illustrent ces différents dispositifs à titre d'exemples non limitatifs.

[0028] La figure 6 représente une vue de dessus d'un exemple de dispositif d'aiguillage optique de particules selon l'invention. Quatre bandes de couches minces 8, 9, 10, 11 sont déposées sur un substrat 1. La bande 8 se divise en les trois bandes 9, 10 et 11. Les bandes 8, 9, 10 et 11 sont respectivement centrées, par exemple, sur les longueurs d'onde λ_1 , λ_2 , λ_1 , λ_3 , où λ_1 , λ_2 et λ_3 sont trois longueurs d'onde différentes telles que $\lambda_3 > \lambda_2 > \lambda_1$. Les bandes sont centrées sur les différentes longueurs d'onde de façon connue en soi, en choisissant la réflectivité des matériaux et en optimisant l'épaisseur et le nombre de couches. En référence à la figure 6, le sens de déplacement des particules sur les bandes 8, 9, 10, 11 va de la gauche de la figure vers la droite de la figure.

[0029] Quand on éclaire le dispositif avec une onde de longueur d'onde λ_1 , une particule P se déplace alors successivement sur les bandes 8 et 9. Quand on éclaire le dispositif avec une onde de longueur d'onde λ_1 puis une onde de longueur d'onde λ_2 , une particule P se déplace successivement sur les bandes 8 et 10. Enfin, quand on éclaire le dispositif avec une onde de longueur d'onde λ_1 puis λ_3 , une particule P se déplace successivement sur les bandes 8 et 11.

[0030] Dans le cas d'une source polychromatique, le routage peut s'effectuer en modifiant l'incidence de l'onde par rapport à la normale. L'effet de l'incidence de l'onde permet en effet de décaler la fonction spectrale de la longueur d'onde λ_3 vers la longueur d'onde λ_1 . Ainsi, au fur et à mesure que l'incidence augmente, les particules prennent alors successivement les voies 11, 9 et 10. Un mode de réalisation avantageux peut consister à utiliser la polarisation de l'onde qui éclaire le dispositif. On choisit alors une polarisation parallèle au plan d'incidence qui permet une meilleure séparation spectrale des voies 9, 10 et 11.

[0031] Le dispositif d'aiguillage représenté en figure 6 constitue une jonction entre une voie et n voies ($n=3$). Symétriquement, l'invention concerne également un

dispositif d'aiguillage de type jonction entre n voies et une voie, comme cela va apparaître ci-dessous.

[0032] La figure 7 représente un exemple de dispositif d'analyse de particules selon l'invention. Le dispositif comprend un dispenseur 12, un bloc d'analyse 13 et un dispositif de lecture 14. Le bloc d'analyse 13 comprend un substrat 1, un premier dispositif d'aiguillage d'une voie d'entrée 15 vers trois voies 16, 17, 18, trois circuits d'analyse 19, 20, 21, un deuxième dispositif d'aiguillage des trois voies 16, 17, 18 vers une voie de sortie 22 et un laser 23. Les circuits d'analyse 19, 20, 21 sont des circuits de lecture, par exemple à renforcement de fluorescence. Chaque dispositif d'aiguillage fonctionne comme indiqué ci-dessus. Le dispenseur 12 fournit les particules à analyser. Une première série de mesures peut alors être déduite des analyses effectuées par les circuits 19, 20, 21.

[0033] Le laser 23 qui illumine la voie de sortie 22 permet, si nécessaire, de casser les particules. Les morceaux de particules ainsi obtenus sont transférés jusqu'au dispositif de lecture 14 qui effectue alors une série de mesures sur les morceaux de particules.

Revendications

1. Dispositif optique pour le déplacement de particules (P), **caractérisé en ce qu'il** comprend un substrat (6) sur lequel est déposée au moins une bande (5) d'au moins une couche mince, la bande (5) présentant un gradient d'épaisseur optique selon un axe de sorte que le déplacement d'une particule (P) s'effectue selon cet axe lorsqu'une onde électromagnétique (L) éclaire le dispositif.
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bande (5) a une épaisseur (e) qui varie selon la direction de l'axe.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la bande (5) est composée de matériaux dont l'indice varie selon la direction de l'axe.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'il** comprend une structure (7) constituée d'au moins une couche mince, placée en face de la bande (5) de sorte que la bande (5) et la structure (7) constituent une cavité de Fabry-Pérot.
5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la distance entre la bande (5) et la structure (7) est égale à un multiple entier de la moitié de la longueur d'onde qui éclaire le dispositif de façon à accroître par résonance l'intensité de l'onde à l'intérieur de la cavité.
6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en**

- ce que** la bande (5) et la structure (7) ont des réflectivités choisies pour qu'un pic de résonance soit positionné au niveau d'une particule.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bande (5) est constituée d'une alternance de couches de haut indice et de bas indice. 5
 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** la structure (7) est constituée d'une alternance de couches de haut indice et de bas indice. 10
 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, **caractérisé en ce que** les couches de haut indice sont réalisées dans un matériau choisi parmi Si, HfO₂, TiO₂, Si₃N₄, Al₂O₃, Ta₂O₅, ITO, In₂O₃, SiO₂, MgF₂ ou InP. 15
 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** les couches de bas indice sont réalisées dans un matériau choisi parmi SiO₂, MgF₂, ou LiF. 20
 11. Dispositif d'aiguillage de particules d'une première voie vers une deuxième voie, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins deux dispositifs optiques pour le déplacement de particules selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, chaque dispositif optique constituant une voie. 25
 12. Dispositif d'aiguillage de particules selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** chaque dispositif optique constituant une voie comprend une bande (8, 9, 10, 11) d'au moins une couche mince, chaque bande étant centrée à une longueur d'onde donnée (λ_1 , λ_2 , λ_3) et présentant un gradient d'épaisseur optique selon un axe de sorte que le déplacement d'une particule s'effectue selon cet axe lorsqu'une onde optique ayant comme longueur d'onde la longueur d'onde sur laquelle la bande est centrée éclaire le dispositif. 30
 13. Dispositif de tri de particules, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un dispositif d'aiguillage selon l'une des revendications 11 ou 12. 35
 14. Dispositif d'analyse de particules, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un dispositif de tri de particules selon la revendication 13. 40
 15. Dispositif d'analyse de particules selon la revendication 14, **caractérisé en ce qu'il** comprend un dispositif d'aiguillage de particules réalisant une jonction entre une voie d'entrée (15) et n voies intermédiaires (16, 17, 18) et un dispositif d'aiguillage réalisant une jonction entre lesdites n voies intermédiaires (16, 17, 18) et une voie de sortie (22), un dispositif d'analyse (19, 20, 21) étant placé sur au moins une voie intermédiaire parmi les n voies (16, 17, 18). 45
 16. Dispositif selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** le dispositif d'analyse est un dispositif d'analyse par fluorescence. 50
 17. Dispositif d'analyse selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce qu'il** comprend un laser (23) pour illuminer la voie de sortie (22) et casser les particules qui s'y déplacent et un dispositif de lecture (14) pour analyser les morceaux de particules cassées. 55
 18. Procédé optique de déplacement de particules selon un axe, **caractérisé en ce qu'il** comprend la formation d'un gradient d'intensité d'onde stationnaire au niveau d'une particule à déplacer, par illumination, à l'aide d'une onde électromagnétique, d'un substrat (1) sur lequel est déposée au moins une bande (5) d'au moins une couche mince présentant un gradient d'épaisseur optique selon l'axe.
 19. Procédé selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** la vitesse de déplacement de la particule est modifiée en faisant varier l'incidence de l'onde électromagnétique sur le substrat.
 20. Procédé d'aiguillage de particules d'une première voie vers une deuxième voie, **caractérisé en ce que** le déplacement d'une particule sur une voie est effectué selon le procédé de la revendication 18 et **en ce que** l'aiguillage d'une particule est réalisé par modification de la longueur d'onde de l'onde qui illumine le substrat (1) d'une première valeur (λ_1) vers une deuxième valeur (λ_2), la première valeur étant une valeur sur laquelle est centrée la première voie qui est constituée d'une première bande (8) d'au moins une couche mince déposée sur le substrat (1) et la deuxième valeur étant une valeur sur laquelle est centrée la deuxième voie qui est constituée d'une deuxième bande (9) d'au moins une couche mince déposée sur le substrat.
 21. Procédé de tri de particules, **caractérisé en ce qu'il** met en œuvre un procédé d'aiguillage selon la revendication 20.
 22. Procédé d'analyse de particules, **caractérisé en ce qu'il** met en œuvre un procédé de tri selon la revendication 21.

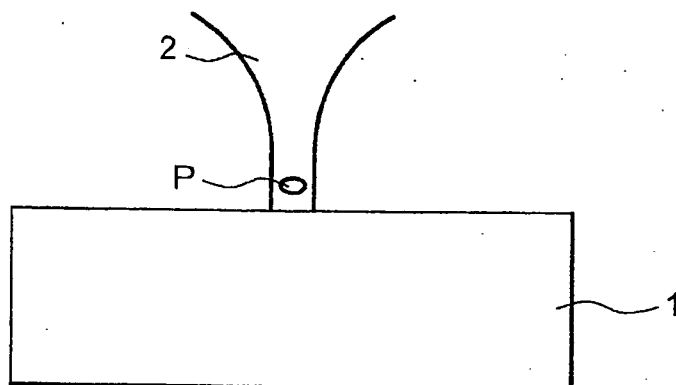


FIG. 1

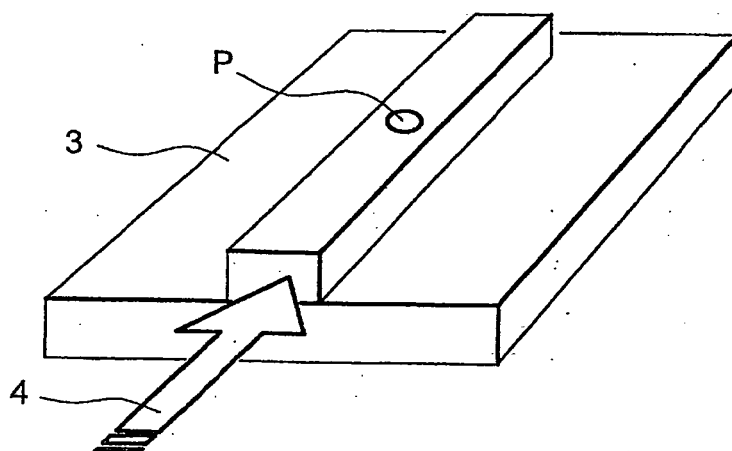


FIG. 2

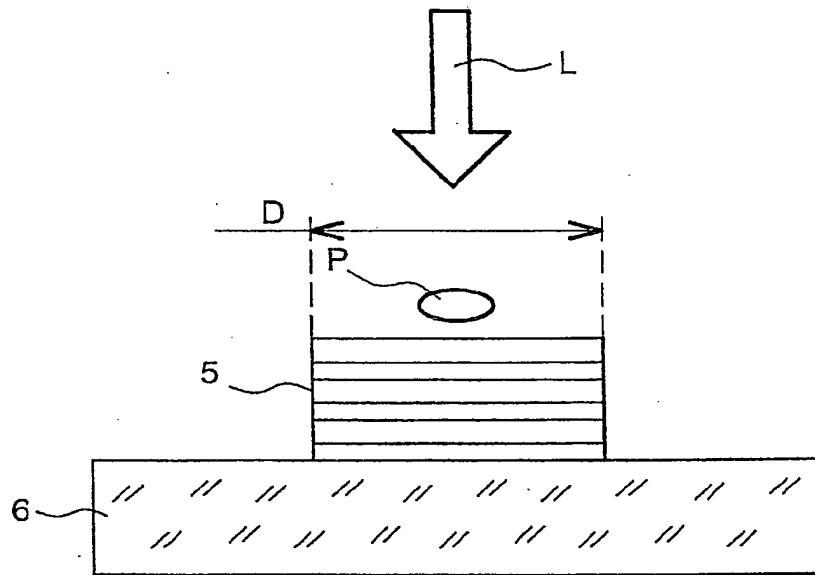


FIG. 3A

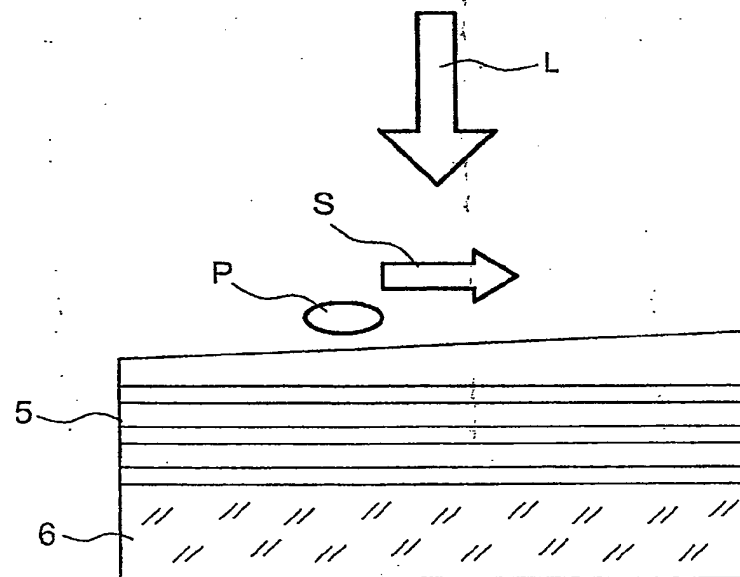


FIG. 3B

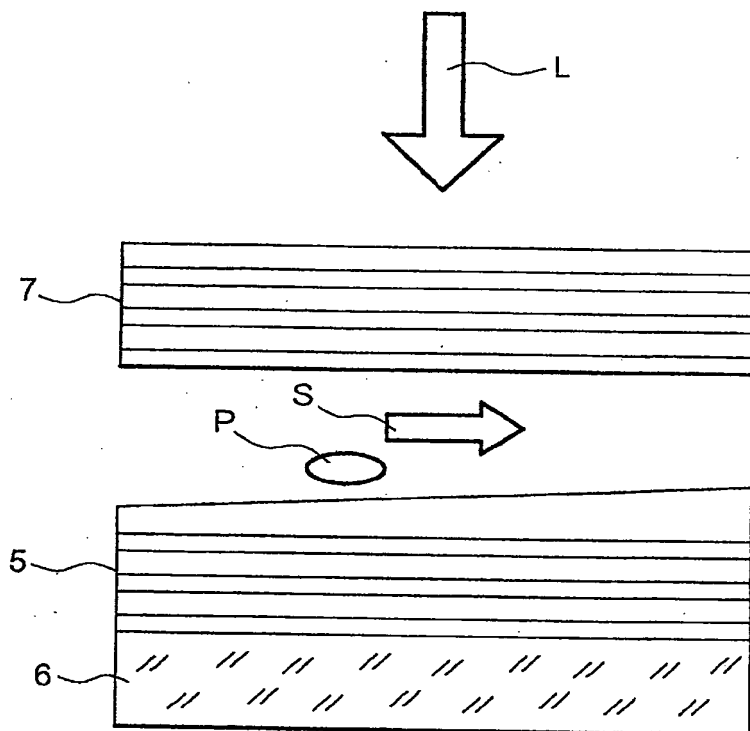


FIG. 4

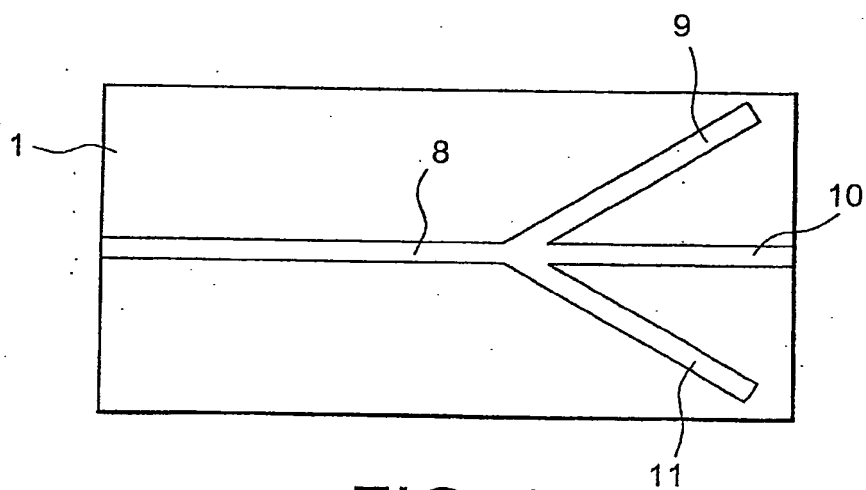


FIG. 6

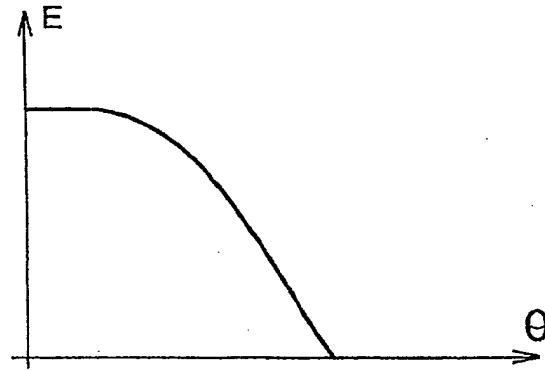


FIG. 5A

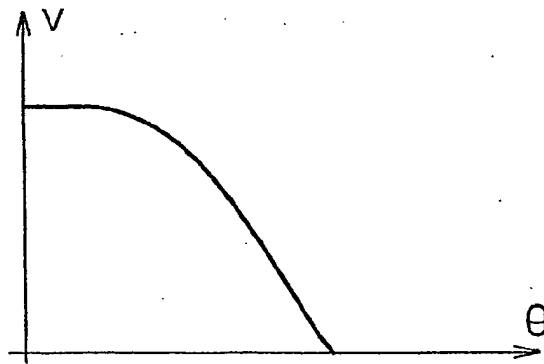


FIG. 5B

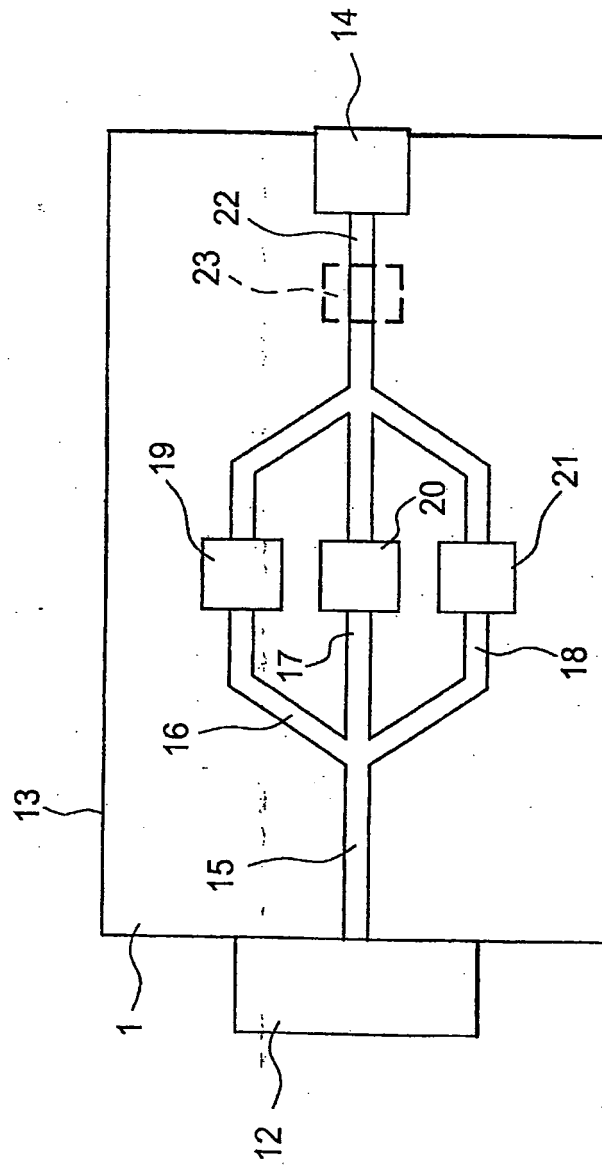


FIG. 7



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 02 29 3061

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	EP 0 569 181 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 10 novembre 1993 (1993-11-10)	1,2	H05H3/04
A	* abrégé *	4,5,7,8	
	* revendications 1,2 *		
	* colonne 4, ligne 7-24; figures 1,7-10 *		
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 332 (P-905), 26 juillet 1989 (1989-07-26)	1,3	
	-& JP 01 096604 A (HITACHI LTD), 14 avril 1989 (1989-04-14)		
A	* abrégé *	4,5,7,8	
	* figures 2C,2D,3C,3D,7F *		
A	US 5 227 648 A (WOO JONG-CHUN) 13 juillet 1993 (1993-07-13)	1,2,4,5, 7,8	
	* figure 4A; exemple 2 *		
	* revendications 1-3 *		
A,D	SATOSHI KAWATA ET AL: "MOVEMENT OF MICROMETER-SIZED PARTICLES IN THE EVANESCENT FIELD OF A LASER BEAM" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 17, no. 11, 1 juin 1992 (1992-06-01), pages 772-774, XP000274845 ISSN: 0146-9592	1,18,19	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
	* le document en entier *		H05H

	-/--		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 1 avril 2003	Examineur Fazio, V
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 (03.82) (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 02 29 3061

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	TANAKA T ET AL: "OPTICALLY INDUCED PROPULSION OF SMALL PARTICLES IN AN EVANESCENT FIELD OF HIGHER PROPAGATION MODE IN A MULTIMODE, CHANNELED WAVEGUIDE" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, US, vol. 77, no. 20, 13 novembre 2000 (2000-11-13), pages 3131-3133, XP000970277 ISSN: 0003-6951 * le document en entier *	1,18,19	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	US 4 887 721 A (MARTIN JOHN C ET AL) 19 décembre 1989 (1989-12-19) * colonne 1, ligne 40-45 * * revendications 1,4,7,10-12 *	1,13,14, 18,19, 21,22	
A	US 5 793 485 A (GOURLEY PAUL L) 11 août 1998 (1998-08-11) * colonne 3, ligne 5-13 * * colonne 7, ligne 66 - colonne 8, ligne 22 * * colonne 13, ligne 35-43 * * revendications 1,6,8,13,14 * * figures 3A,3B,19 *	4-9,14, 22	
A	US 5 100 627 A (BUICAN TUDOR N ET AL) 31 mars 1992 (1992-03-31) * colonne 2, ligne 3-14,54-68 * * colonne 3, ligne 1-20 * * figure 3 *	15,17	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 1 avril 2003	Examineur Fazio, V
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P4/C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 02 29 3061

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
A	US 5 079 169 A (CHU STEVEN ET AL) 7 janvier 1992 (1992-01-07) * colonne 4, ligne 39-49; figure 1 * * colonne 6, ligne 10-25 * * colonne 6, ligne 67 - colonne 7, ligne 5 *	14,16,22	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 1 avril 2003	Examineur Fazio, V
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03/02 (P04/C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 02 29 3061

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

01-04-2003

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0569181 A	10-11-1993	US 5265177 A	23-11-1993
		CA 2092840 A1	09-11-1993
		DE 69311966 D1	14-08-1997
		DE 69311966 T2	06-11-1997
		EP 0569181 A1	10-11-1993
		JP 6027355 A	04-02-1994
		KR 179988 B1	15-05-1999
		US 5332690 A	26-07-1994
JP 01096604 A	14-04-1989	AUCUN	
US 5227648 A	13-07-1993	AUCUN	
US 4887721 A	19-12-1989	AUCUN	
US 5793485 A	11-08-1998	US 5608519 A	04-03-1997
US 5100627 A	31-03-1992	AUCUN	
US 5079169 A	07-01-1992	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

THIS PAGE BLANK (USPTO

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO